

面向 **21** 世纪计算机专业本科系列教材



数据结构

— 用Pascal语言、C++语言
对照描述算法

薛超英 主编



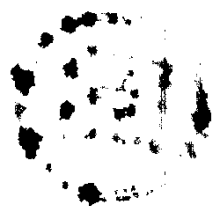
华中理工大学出版社

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

TP311.12
07

00007210

面向21世纪计算机专业本科系列教材



数据结构

——用Pascal语言、C++语言对照描述算法

11K6140

主编 薛超英

编者 薛超英 冯刚 徐凯声 黄竞伟



华中理工大学出版社



C0483249

图书在版编目(CIP)数据

数据结构—用 Pascal 语言、C++ 语言对照描述算法/薛超英 主编
武汉:华中理工大学出版社, 2000 年 1 月
ISBN 7-5609-2143-4

- I. 数…
II. ①薛… ②冯… ③徐… ④黄…
III. 数据结构-高等学校-教材
IV. TP311.12

数据结构—用 Pascal 语言、C++ 语言描述算法 主编 薛超英

责任编辑:沈旭日
责任校对:张欣

封面设计:刘卉
监印:张正林

出版发行:华中理工大学出版社
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87542624

经销:新华书店湖北发行所

印刷:湖北省新华印刷厂

开本:787×960 1/16	印张:17.75	字数:270 000
版次:2000 年 1 月第 1 版	印次:2000 年 1 月第 1 次印刷	印数:1—5 000
ISBN 7-5609-2143-4/TP·367		定价:20.80 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行科调换)



总 序

自1946年世界上第一台电子数字计算机ENIAC诞生以来,计算机硬件系统经过了电子管、晶体管、小规模集成电路和大规模集成电路等几个阶段,正遵循着摩尔定律高速地发展:1998年,速度最快的个人PC微处理器是Intel 450MHz的Xeon,1999年速度最快的已达800MHz;1997年2.1GB的磁盘容量已经很不错了,1999年则已突破10GB……软件方面,无论是操作系统、数据库系统,还是编程语言、应用软件,更是频繁地更新换代,令人眼花缭乱。

与此同时,作为计算机与通信技术结合的产物——计算机网络得到了迅速发展,特别是Internet技术的广泛应用,使得计算机网络的规模越来越大,网上主机数目一直保持每3年增长10倍的速率,Internet上的数据流量则保持着平均每半年就翻一番的增长速率,信息网络已交叉纵横整个世界,将偌大的世界连成了一个“地球村”。

计算机技术日新月异的进步,对现有的计算机专业的教学模式提出了挑战,同时也带来了前所未有的机遇。深化面向21世纪的教学改革,寻求一条行之有效的途径,培养跨世纪的高素质的科技人才,已是当务之急。如果说教学内容、课程体系的改革是教学改革的重点和难点,那么,教材建设则是其不可或缺的重要组成部分。华中理工大学出版社敏锐地抓住了这一点,在其倡议和组织下,我们经过研究、讨论和对教学经验进行总结,规划了

这套“面向21世纪计算机教材”。为了满足各级各类学校人才培养的需要，这套教材计划包括计算机专业类教材和非计算机专业类教材，从层次上则可划分为研究生层次、本科生层次、高职高专层次、中职中专层次、中小学层次等若干个子系列，将陆续分批出版。

当今世界，信息革命方兴未艾，知识经济已见端倪，教育观念正面临从注重以知识为主体向以能力为主体的转变。我们在对教材进行规划和评审时，尤其注重把提高学生素质、培养学生的应用能力和创新能力作为首要的评价标准，同时注意教材的特色和教学的实用性，反映最新的教学和科研成果，体现时代特征。

限于水平和经验，这批教材的编写、出版还存在不足，希望使用教材的学校、教师和学生以及其他读者积极提出批评意见，以便我们及时更新、修订，以满足读者要求。

面向21世纪计算机教材出版指导委员会主任

陈火旺（中国科学院院士，国防科技大学教授）

沈绪榜（中国科学院院士，华中理工大学教授）

邹寿彬（华中理工大学教授，副校长）

1999年11月1日

人们已普遍认识到：21世纪是信息时代，以计算机为核心的信息技术是21世纪科技发展的大趋势。那么，作为计算机专业人才培养基地的大学计算机专业，如何适应这种发展，培养出符合时代要求、具有创新能力的人才呢？这是近年来计算机教育界讨论的热门话题，也是我们长期思考并努力探索的课题。

教材是人才培养的基础。在华中理工大学出版社的倡议和委托下，我们自1998年下半年起就开始讨论、筹划编写一套适应21世纪人才培养需要的计算机本科专业系列教材。在此基础上，我们组织了武汉大学、华中理工大学、华中师范大学、武汉测绘科技大学、武汉水利电力大学、武汉交通科技大学等院校的部分教师共同编写了这套“面向21世纪计算机系列教材”，以期总结我们在教学内容和课程体系改革方面的体会和做法，在适应21世纪的教材建设方面作出自己的努力。

值得欣慰的是，在教材的编写过程中，全国计算机专业教学指导委员会、中国计算机学会教育委员会联合推出了“计算机学科教学计划2000”（简称“2000教程”），这就更增强了我们编好这套教材的信心。在编写过程中，我们吸收了其中与我们内容相异的新内容。因此，也完全可以说，这套教材是与“2000教程”完全配套的教材。

我们这套系列教材的编写计划分为两个阶段：第一阶段，在2000年内出版“2000教程”中所涉及的所有专业课和部分专业基础课教材；第二阶段，在2000年以后出版与这套教材相配套的实践课和实验课教材，以及教学辅导书。

我们希冀这套教材具有以下特点：

1. 基础性和先进性相结合。与其他学科相比，计算机学科的一个显著特点就是知识内容更新更快，这对教学内容的选取、课程知识结构的构建提出了挑战。基于大学教育应努力实现知识、能力、素质三者辩证统一的目标，我们把编写的重点放在基础知识、基本技能和基本方法上，希望提高学生的理论素养和分析问题、解决问题的能力；与此同时，注重介绍最新的技术和方法，以拓展学生的知识面，激发他们学习的积极性和创新意

识。

2. 理论性与应用性相结合。理论是规律的表现形式，良好的理论素养是应用的前提，而掌握理论的目的就是应用。在教材的编写过程中，我们注意了理论的系统性，在讲深讲透主要知识的基础上，各门课程知识点的选取做到尽量广一些；融理论性和应用性于一体，在阐述理论的同时，尤其注意理论方法的讲授，以培养学生应用理论和技术的能力。此外，精心设计了比较多的习题，以加强应用能力和创造能力的培养。

3. 时代性和实用性相结合。力求精简旧的知识点，增加新的知识点，使整个知识建立在“高”、“新”平台上，体现教材的时代特征。但是，并不片面追求“高”、“新”，而是实事求是地充分考虑一般高校目前所拥有的教学设备、师资条件，注重教材的实用性。我们以为，教材建设不可能毕其功于一役，而必须根据学科的发展和客观环境以及条件的变化不断努力和改进。需要说明的是，与“2000教程”相比，我们根据人的认识规律和教学安排的需要，将有些课程进行了划分或合并，以便于教师根据需要灵活安排。

4. 科学性与通俗性相结合。概念原理、新技术的阐述力求准确、精练；写作风格上尽量通俗易懂、深入浅出、图文并茂，增加可读性，便于学生自学。

如果说科学技术快速发展是21世纪的一个重要特征的话，那么，教学改革将是21世纪教育工作永恒的主题，是需要不断探索的课题。我们要达到以上目标，还需要不断地努力实践和完善。欢迎使用这套教材的教师、学生和其他读者提出宝贵意见。

最后，衷心感谢参加这套教材编写的所有作者所贡献的成果和辛勤的汗水，对为这套教材的编写提供支持的有关学校、院系的领导和老师表示诚挚的谢忱！感谢华中理工大学出版社为本系列教材的出版所付出的艰辛和努力！

面向21世纪计算机专业本科系列教材编委会主任

何炎祥 (武汉大学教授)

1999年11月20日

前言

对计算机专业的本科生来说，高级语言程序设计、数据结构、算法设计与分析是三门重要的必修课。这三门课程都是教学生如何编写计算机程序的。高级语言程序设计是程序设计的初级课程，主要是向学生传授高级程序设计语言的基础知识，对学生进行结构化程序设计的初步训练；数据结构是程序设计的中级课程，主要是培养学生分析数据、组织数据的能力，教学生如何编写效率高、结构好的程序；算法设计与分析是程序设计的高级课程，主要是教学生学习各种典型的问题求解策略，学习对程序的时空性能作定量分析的方法。

作为计算机专业本科生60学时至70学时数据结构课程的教材，本书对传统教学内容作了精选与压缩：凡是在高级程序设计语言中已实现了的数据结构（如串、集合、多维数组）和在后续课程中将要学习的内容（如动态存储管理、中缀表达式到后缀表达式的转换）均未收入本教材。本书第1章扼要介绍有关数据和数据结构的基本概念；第2章至第9章介绍线性表、栈、队列、二叉树、图、网络、特殊矩阵、广义表、文件等典型数据结构的逻辑特性、存储方法和基本运算；第10章介绍抽象数据类型的概念和抽象数据类型在Pascal语言程序和C++语言程序中的实现方法。

为了巩固学生在高级语言程序设计课程中所学的知识，提高程序设计语言的运用能力，本书中每个算法（包括出现在习题答案中的算法）均用Pascal语言和C++语言对照书写。对于已学过Pascal语言（C++语言）准备自学C++语言（Pascal语言）的学生来说，可将本书作为程序实例丰富的参考书。

书中第10章内容涉及到Pascal语言和C++语言中有关对象和类的概念。在阅读这一章之前，应先学习Pascal语言或C++语言中有关面向对象程序设计的一些基本知识。这一章中介绍的定义、使用抽象顺序表类型和抽象链表类型的方法可作为学生今后学习面向对象程序设计方法的程序实例。

作为计算机辅助教学工具，作者为书中每一章的算法分别编制了Pascal语言和C++语言两种版本的教学实验程序，存放在同一张软盘中（读者如果需要，请与华中理工大学出版社发行科联系）。学生在学习过程中，如果对某个算法的执行结果有怀疑或者想对算法作某些改进，可从盘中调出相应的程序进行运行或修改。

本书由武汉测绘科技大学薛超英主编。参加编写工作的还有华中师范大学冯刚（第1章和第5章）、武汉交通科技大学徐凯声（第7章和第8章）、武汉水利电力大学黄竞伟（第2章和第3章）。

武汉测绘科技大学的陈珉、尹为民、曾平等同志对本书的编写曾给予热情支持，提出过很好的修改意见，作者在此表示衷心的感谢。由于作者水平有限，书中可能存在不妥或错误，恳请读者批评指正。

作 者

1999年12月20日

内 容 简 介

本书简明扼要地介绍了各种典型数据结构的逻辑特性、存储方法和基本运算。主要包括：线性表、栈、队列、二叉树、图、网络、特殊矩阵、广义表和文件等。书中每一个算法均用Pascal语言和C++语言对照描述，书末附有习题解答和实习任务书。

对计算机专业本科生来说，本书既可作为学习数据结构的教材，也可作为学习Pascal程序设计和C++程序设计的参考书。

面向21世纪计算机教材

出版指导委员会

主 任 陈火旺 沈绪榜 邹寿彬

委 员 (以姓氏笔画为序)

王长胤	韦 敏	卢开澄	卢正鼎
齐 欢	刘太林	何炎祥	张 峰
杨传谱	苏锦祥		

秘 书 沈旭日

面向21世纪计算机专业本科

系列教材编委会

主 任 何炎祥

委 员 (以姓氏笔画为序)

肖德宝	陈 珉	张 峰
贺贵明	姜新祺	熊前兴

秘 书 沈旭日

目 录

第1章 概论.....	(1)
1.1 基本术语	(1)
1.2 数据的逻辑结构	(3)
1.3 数据的存储结构	(4)
1.4 数据的运算	(7)
1.5 算法分析	(8)
习题一	(9)
第2章 线性表	(10)
2.1 顺序表	(10)
2.1.1 插入	(11)
2.1.2 删除	(12)
2.2 约瑟夫问题	(13)
2.3 线性链表	(16)
2.3.1 单向链表	(16)
2.3.2 双向链表	(22)
2.3.3 静态链表	(23)
2.4 多项式相加	(25)
习题二	(29)
第3章 栈和队列	(30)
3.1 顺序栈	(30)
3.2 链接栈	(32)
3.3 表达式求值	(33)
3.4 顺序队列	(38)
3.5 链接队列	(40)
3.6 报数问题	(42)
习题三	(43)

第4章 树形结构	(45)
4.1 树	(45)
4.1.1 树的定义	(45)
4.1.2 基本术语	(46)
4.1.3 树的存储表示	(46)
4.2 二叉树	(48)
4.2.1 二叉树的定义	(48)
4.2.2 二叉树的性质	(49)
4.2.3 满二叉树和完全二叉树	(49)
4.2.4 二叉树的存储表示	(50)
4.3 遍历树形结构	(52)
4.3.1 遍历树	(52)
4.3.2 遍历二叉树	(52)
4.4 二叉树的遍历算法	(54)
4.4.1 递归算法	(54)
4.4.2 非递归算法	(56)
4.4.3 建立二叉链表	(59)
4.5 线索二叉树	(60)
4.5.1 线索	(60)
4.5.2 利用线索	(62)
4.5.3 线索化二叉树	(63)
4.6 哈夫曼树及其应用	(64)
4.6.1 带权路径长度	(64)
4.6.2 哈夫曼树 (最优二叉树)	(65)
4.6.3 哈夫曼编码	(66)
4.6.4 哈夫曼算法	(67)
习题四	(71)
第5章 图状结构	(72)
5.1 基本术语	(72)
5.2 图的存储表示	(76)
5.2.1 邻接矩阵	(76)
5.2.2 邻接表表示	(77)

5.2.3 建立图的存储结构	(78)
5.3 图的遍历和生成树	(81)
5.3.1 深度遍历	(81)
5.3.2 广度遍历	(82)
5.3.3 图的遍历算法	(82)
5.3.4 生成树和生成树林	(84)
5.4 最小生成树	(86)
5.5 最短路径	(90)
5.6 拓扑排序	(94)
5.7 关键路径	(97)
习题五	(101)
第6章 矩阵和广义表	(103)
6.1 矩阵	(103)
6.1.1 矩阵的逻辑特点	(103)
6.1.2 矩阵的存储表示	(103)
6.2 特殊矩阵	(104)
6.2.1 对称矩阵	(104)
6.2.2 对角矩阵	(105)
6.3 稀疏矩阵	(106)
6.3.1 三元组顺序表	(106)
6.3.2 十字链表	(107)
6.4 稀疏矩阵的运算	(108)
6.4.1 求矩阵的转置	(108)
6.4.2 插入非零元素	(111)
6.5 广义表	(113)
6.5.1 广义表的逻辑特点	(113)
6.5.2 广义表的存储表示	(114)
6.6 广义表的运算	(116)
6.6.1 创建广义表	(116)
6.6.2 判两个广义表是否相等	(119)
习题六	(119)

第7章 查找	(121)
7.1 顺序查找	(121)
7.2 折半查找	(122)
7.3 分块查找	(125)
7.4 树型查找	(126)
7.4.1 二叉排序树	(126)
7.4.2 查找	(127)
7.4.3 插入	(128)
7.4.4 删除	(129)
7.4.5 平衡二叉排序树	(133)
7.5 散列查找	(143)
7.5.1 散列表	(144)
7.5.2 散列函数	(144)
7.5.3 处理冲突的方法	(146)
7.5.4 散列表的查找算法	(149)
7.5.5 散列表的平均查找长度	(151)
习题七	(152)
第8章 内排序	(154)
8.1 直接插入排序	(155)
8.2 简单选择排序	(156)
8.3 起泡排序	(158)
8.4 堆排序	(159)
8.5 快速排序	(163)
8.6 归并排序	(166)
8.7 基数排序	(169)
8.8 7种排序方法的比较	(173)
习题八	(174)
第9章 文件	(175)
9.1 概述	(175)
9.2 文件组织	(176)
9.2.1 顺序文件	(176)
9.2.2 索引文件	(176)

9.2.3 散列文件	(179)
9.2.4 多重表文件	(180)
9.3 动态索引	(181)
9.3.1 B-树的定义	(181)
9.3.2 B-树的查找	(182)
9.3.3 B-树的插入	(182)
9.3.4 B-树的删除	(183)
9.3.5 性能分析	(185)
9.4 外排序	(186)
9.4.1 基本原理	(186)
9.4.2 多路归并	(188)
9.4.3 初始顺串的生成	(191)
习题九	(197)
第10章 抽象数据类型	(198)
10.1 概述	(198)
10.2 定义抽象数据类型	(199)
10.2.1 用Pascal语言描述	(200)
10.2.2 用C++语言描述	(202)
10.3 使用抽象数据类型	(211)
习题十	(218)
实习题	(219)
实习一 多项式乘法运算	(219)
实习二 计算器模拟	(219)
实习三 哈夫曼编/译码器设计	(220)
实习四 服务点设置问题	(221)
实习五 寻找同名学生	(221)
习题解答	(223)
习题一	(223)
习题二	(226)
习题三	(234)
习题四	(240)
习题五	(246)

习题六.....	(251)
习题七.....	(254)
习题八.....	(259)
习题九.....	(264)
习题十.....	(264)
参考文献.....	(266)